

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 138 898 A2

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

04.10.2001 Patentblatt 2001/40

(51) Int Cl.7: F02D 41/02

(21) Anmeldenummer: 01250100.3

(22) Anmeldetag: 21.03.2001

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE TR

Benannte Erreichungsstaaten:

AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: 28.03.2000 DE 10015330

(71) Anmelder: Volkswagen AG

38436 Wolfsburg (DE)

(72) Erfinder:

• Pott, Ekkehard, Dr.

38518 Gifhorn (DE)

• Donnerstag, Achim

38104 Braunschweig (DE)

(74) Vertreter: Schneider, Henry, Dipl.-Ing.

Patentanwaltkanzlei

Henry Schneider

Friedrichstrasse 153 A

(Unter den Linden)

10117 Berlin (DE)

## (54) Verfahren und Vorrichtung zur Abgasreinigung

(57) Das Verfahren betrifft die Abgasreinigung bei einem Verbrennungsmotor mit mindestens zwei parallel stromabwärts einer Abzweigung (7) eines Abgasstranges (2) angeordneten durch ein im Abgas enthaltenes Reduktionsmittel regenerierbaren  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatoren (3,4), denen zur individuellen Messung von Zustandsparametern jeweils stromabwärts ein Sensor (11,12), beispielsweise ein  $\text{NO}_x$ -Sensor oder eine Lambdasonde, zugeordnet ist. Das Abgas wird zumindest einem stromabwärts der  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatoren im Abgasstrang angeordneten Katalysator (9), vorzugsweise einem 3-Wege-Katalysator zugeführt. In Abhängigkeit von den Zustandsparameter-Werten der  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatoren werden  $\text{NO}_x$ -Regenerationsmaßnahmen durchgeführt. Erfindungsgemäß wird eine gerade durchgeführte  $\text{NO}_x$ -Regenerationsmaßnahme in Abhängigkeit von dem spätesten Zeitpunkt beendet, an dem ein für die Beendigung einer  $\text{NO}_x$ -Regenerationsmaßnahme charakteristischer Zustandsparameter-Wert an einem der  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatoren gemessen wird. Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Abgasreinigung für einen Verbrennungsmotor weist stromabwärts der  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatoren Sensoren zur individuellen Erfassung von Zustandsparameter-Werten der  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatoren auf, die einem Motorsteuergerät zur Auswertung und Beeinflussung von Betriebsparametern des Verbrennungsmotor zuführbar sind. Das Motorsteuergerät weist eine Kontrolleinrichtung (6) auf, um in Abhängigkeit von dem spätesten Zeitpunkt an dem ein für eine Beendigung einer  $\text{NO}_x$ -Regenerationsmaßnahme charakteristischer Zustandsparameter-Wert an einem der  $\text{NO}_x$ -Speicher-

katalysatoren gemessen wird, eine gerade durchgeführte  $\text{NO}_x$ -Regenerationsmaßnahme zu beenden.

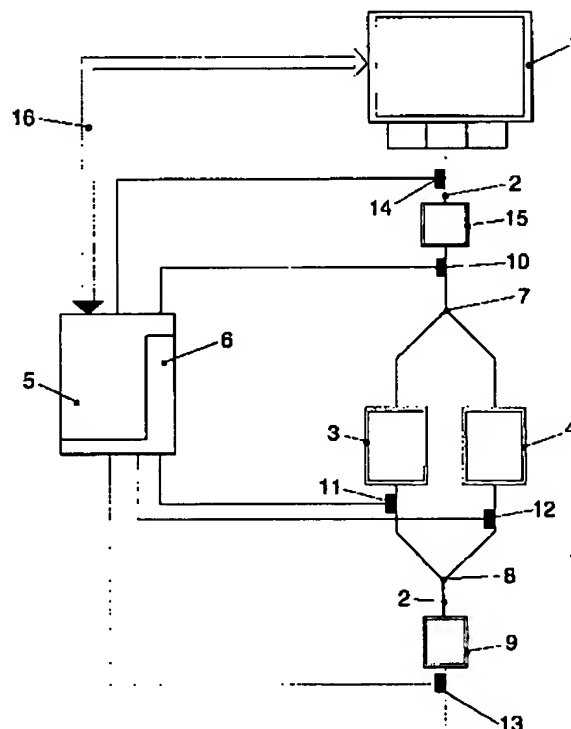


FIG. 1

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Abgasreinigung bei einem Verbrennungsmotor mit den im Oberbegriff der unabhängigen Ansprüche genannten Merkmalen.

[0002] Üblicherweise bestehen moderne Abgasreinigungssysteme aus einem Vorkatalysator mit einem nachgeschalteten  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysator. Hiermit wird berücksichtigt, dass mit dem bisher üblichen 3-Wege-Katalysator allein das Problem, leistungsfähige und zugleich umweltfreundliche Verbrennungsmotoren für Kraftfahrzeuge zu entwickeln, nicht zu lösen ist. Nur wenn Luft und Kraftstoff im genau definierten stöchiometrischen Verhältnis dem Motor zugeführt werden, können die beim Betrieb des Motors entstehenden Abgase zu unschädlichen Gaskomponenten reduziert werden. Die stöchiometrische Betriebsart mit einem so genannten Lambda-Wert = 1 des Luft/Kraftstoffgemischs ist jedoch nicht die verbrauchsgünstigste. Ein wesentlich geringerer Kraftstoffverbrauch kann bei etwa zweifachem Luftüberschuss im Luft/Kraftstoffgemisch, das heißt bei einem Lambda-Wert von zirka 2, erreicht werden.

[0003] Da die herkömmlichen Katalysatoren bei Luftüberschuss die entstehenden Stickoxyde ( $\text{NO}_x$ ) nicht mehr reduzieren können, ist diese Betriebsart ohne weitere Maßnahmen unter dem Gesichtspunkt der Umweltbelastung nicht zu vertreten.

[0004] Stickoxyde können durch einen Speicherkatalysator unter bestimmten Randbedingungen bei einem Lambda-Wert > 1 einen begrenzten Zeitraum absorptiv gespeichert und zu einem späteren Zeitpunkt bei einem Lambda-Wert < 1 oder = 1 wieder ausgespeichert und dann durch im Abgas enthaltene, als Reduktionsmittel wirkende, Kohlenwasserstoff- und Kohlenmonoxydbestandteile katalytisch zu unschädlichen Gasen reduziert werden.

[0005] Üblicherweise werden  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatoren in einem Speicherzyklus betrieben, der zumindest einen üblicherweise langen Absorptionsmodus und einen relativ kurzen Regenerationsmodus umfasst.

[0006] Ist aus Packungsgründen der Einsatz eines einzelnen  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators nicht möglich, wird ein Abgasstrang geteilt und das Abgas zwei parallel geschalteten  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatoren zugeleitet.

[0007] Eine solche Lösung wird zum Beispiel bei allradgetriebenen Fahrzeugen verwendet, bei denen die Kardanwelle die Anordnung eines einzelnen zylindrischen  $\text{NO}_x$ -Katalysators unmöglich macht. Andererseits ist bei turboaufgeladenen Motoren mit einem einzelnen Turbolader die Anordnung von zwei vollkommen autarken Abgassträngen aus zwei Vorkatalysatoren und zwei  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatoren nicht möglich.

[0008]  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatoren finden vorwiegend Anwendung bei Direktinspritzsystemen, die im so genannten Schichtladerbetrieb bedeutende Kraftstoff einsparungen möglich machen. Hiermit ist eine sichere

Verbrennung äußerst magerer Gemische im Leerlauf- und Teillastbereich mit Kraftstoffeinsparungen von > 40 % im Leerlauf und zirka 15 % über den gesamten Eurotestzyklus MVEG möglich. Der Kraftstoff wird über elektromagnetische Düsenventile direkt in den Brennraum eingespritzt. Dabei wird der Motor mit nahezu vollständig geöffneter Drosselklappe betrieben, womit zusätzlich Ladungswechselverluste vermieden werden. Erst ab einer gewissen abverlangten Leistung muss der Motor wieder im konventionellen Betrieb, bei dem die Drosselklappenstellung die Menge des angesaugten Luft/Kraftstoffgemischs bestimmt, betrieben werden. Während des Schichtladerbetriebs wird der  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysator im Absorptionsmodus betrieben. Im Homogenbetrieb des Motors wird dagegen ein stöchiometrisches oder für die Regeneration des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators ein fettes Luft/Kraftstoffgemisch zugeführt.

[0009] Beim Einsatz von mehr als einem  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysator kann deren gleichmäßige Beaufschlagung mit  $\text{NO}_x$  nicht unterstellt werden, da Funktion und Wirkungsgrad eines  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators von einer Vielzahl von Einflussfaktoren abhängig sind. Jedoch ist eine Erfassung des Betriebszustandes, beispielsweise des  $\text{NO}_x$ -Beladungszustandes beziehungsweise des Endes der  $\text{NO}_x$ -Regeneration der einzelnen  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatoren über im Mischabgas hinter den  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatoren angeordnete Sensormittel, beispielsweise eines nachgeschalteten  $\text{NO}_x$ -Sensors oder einer Lambda-Sonde, nicht möglich.

[0010] Günstiger ist daher die Anordnung von Sensormitteln stromabwärts jedes  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators. Bei der Steuerung der  $\text{NO}_x$ -Regeneration stellt sich dabei das Problem, den Endzeitpunkt des Regenerationsmodus unter der Bedingung festzulegen, dass die  $\text{NO}_x$ -Regeneration durch das Abgas bei mehreren parallel geschalteten  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatoren zwangsweise zeitgleich geschieht. Insbesondere muss hier vermieden werden, dass einer oder mehrere der Katalysatoren permanent nur tellregeneriert werden, wodurch ihr  $\text{NO}_x$ -Speicherkapazität zunehmend eingeschränkt würde.

[0011] Andererseits besteht die Gefahr, dass ein relativ zu den anderen  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatoren schnell regenerierter Katalysator einen Reduktionsmitteldurchbruch erleidet, mit der Folge einer Freisetzung von Kohlenwasserstoffen in die Umwelt.

[0012] Die Aufgabe der Erfindung besteht daher in der Angabe eines Verfahrens und einer Vorrichtung zur Abgasreinigung bei einem Verbrennungsmotor mit mindestens zwei parallel stromabwärts einer Abzweigung eines Abgasstrangs angeordneten regenerierbaren  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatoren, die eine vollständige Regeneration aller  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatoren ermöglichen und gleichzeitig einen hohen Grad an Abgasreinigung leisten.

[0013] Diese Aufgabe wird jeweils mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche gelöst.

[0014] Die Erfindung geht von der Idee aus, eine ge-

rade durchgeführte  $\text{NO}_x$ -Regenerationsmaßnahme in Abhängigkeit von dem spätesten Zeitpunkt zu beenden, an dem ein für die Beendigung einer  $\text{NO}_x$ -Regenerationsmaßnahme charakteristischer Zustandsparameter-Wert an einem der  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatoren gemessen wird. Dieses Vorgehen ermöglicht es, sämtliche  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatoren zu regenerieren, bis auch am zeitlich letzten der  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatoren ein für eine Beendigung einer Regenerationsmaßnahme charakteristischer Betriebszustand auftritt, so dass das  $\text{NO}_x$ -Speichervermögen aller  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatoren uneingeschränkt genutzt werden kann. Wenn das Abgas zumindest einem stromabwärts der  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatoren im Abgasstrang angeordneten Katalysator zugeführt wird, werden Reduktionsmitteldurchbrüche bei den zeitlich zuerst regenerierten  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatoren oxidiert und damit unschädlich gemacht. Hierzu eignet sich vorzugsweise ein 3-Wege-Katalysator mit Rh und Pt und/oder Pd als wesentliche Edelmetallkomponenten, denkbar ist jedoch auch der Einsatz eines reinen Oxydationskatalysators mit Pt und/oder Pd als wesentliche Edelmetallkomponenten.

[0015] Weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen sowie unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Ansprüchen aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter, erfindungsgemäßer Ausführungsbeispiele in Verbindung mit den zugehörigen Zeichnungen.

[0016] In den Zeichnungen zeigen in schematischer Darstellung

Figur 1 einen Verbrennungsmotor mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Abgasreinigung mit zwei  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatoren und einem stromabwärts der  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatoren im Abgasstrang angeordneten Katalysator und

Figur 2 einen Verbrennungsmotor mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Abgasreinigung mit zwei  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatoren und zwei stromabwärts der  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatoren im Abgasstrang angeordneten Katalysatoren.

[0017] Figur 1 zeigt einen nur schematisch dargestellten, vorzugsweise im Schichtladebetrieb betreibbaren Verbrennungsmotor 1 eines Kraftfahrzeugs mit einem nachgeschalteten Abgasstrang 2 sowie mit einem Motorsteuergerät 5 zur Auswertung und Beeinflussung von Betriebsparametern des Verbrennungsmotors 1. Der Abgasstrang 2 weist zwei regenerierbare  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatoren 3 und 4 auf, die stromabwärts einer Abzweigung 7 im Abgasstrang 2 angeordnet sind. Stromaufwärts der Abzweigung 7 ist ein Vorkatalysator 15 im Abgasstrang 2 angeordnet.

[0018] Der Abgasstrang 2 weist ferner eine Zusam-

menführung 8 stromabwärts der  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatoren 3 und 4 auf sowie einen der Zusammenführung nachgeschalteten Katalysator 9, vorzugsweise einen konventionellen 3-Wege-Katalysator. Zur Erfassung des Lambda-Wertes des Abgases im Bereich des Vorkatalysators 15 beziehungsweise der  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatoren 3 und 4 sind Lambda-Sonden 10, 11, 12 stromaufwärts beziehungsweise stromabwärts der  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatoren 3 und 4 angeordnet. Die Sensoren 11, 12 stromabwärts der  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatoren 3 und 4 können auch als  $\text{NO}_x$ -Sensoren ausgeführt sein und liefern in diesem Fall ein selektiv die  $\text{NO}_x$ -Konzentration im Abgas repräsentierendes  $\text{NO}_x$ -Signal, sowie ein entsprechendes Signal für die Sauerstoffkonzentration.

[0019] Das Motorsteuergerät 5 erfasst in an sich bekannter Weise über einen Temperatursensor 14 und weitere nicht dargestellte Sensoren Betriebsparameter des Verbrennungsmotors 1 wie Abgastemperatur, Last, Drehzahl, Rohemissionsverlauf oder dergleichen und kann diese über nicht dargestellte Stellglieder, wie beispielsweise elektromagnetische Düsenventile oder eine Drosselklappe in der Luftzuführung des Verbrennungsmotors 1 gegebenenfalls beeinflussen. Zur Kommunikation zwischen dem Motorsteuergerät 5 und dem Verbrennungsmotor 1 beziehungsweise den Stellgliedern ist ein Kabelsystem 16 vorgesehen.

[0020] Das Motorsteuergerät 5 umfasst insbesondere eine Lambda-Regelung, die die Signale der Lambda-Sonde 10 sowie der Sensoren 11 und 12 auswertet und in Abhängigkeit vom Betriebszustand der Katalysatoren 3, 4 und 15 eine Veränderung der Betriebsparameter des Verbrennungsmotors 1 zur Abgasregelung vornimmt.

[0021] Aufgrund ihrer Anordnung im Abgasstrang 2 vor der Zusammenführung 8 ist es möglich, mit den Sensoren 11 und 12 die Zustandsparameter-Werte der  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatoren 3 und 4 individuell zu erfassen. Mit  $\text{NO}_x$ -Sensoren kann für jeden der  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatoren 3 und 4 insbesondere die Beladung mit  $\text{NO}_x$  sowie die  $\text{NO}_x$ -Reduktionsleistung in an sich bekannter Weise bestimmt werden. In ebenfalls an sich bekannter Weise kann beispielsweise in Abhängigkeit von der  $\text{NO}_x$ -Beladung der  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatoren 3 und 4 eine Regenerationsmaßnahme durch Umschalten von einem mageren auf ein fettes Luft/Kraftstoffgemisch eingeleitet werden. Dies kann beispielsweise durch den höher beladenen Katalysator beziehungsweise den Katalysator mit schneller auftretenden und/oder höheren  $\text{NO}_x$ -Durchbrüchen ausgelöst werden. Bei Verwendung von Lambda-Sonden erfolgt in an sich bekannter Weise eine Auswertung des Lambda-Signals um eine Regenerationsmaßnahme einzuleiten. Darüber hinaus erfolgt eine Regeneration der  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatoren 3 und 4, falls der Betriebszustand des Verbrennungsmotors es ohnehin erfordert, wie beispielsweise in der Warmlaufphase bei Beschleunigung und Volllast, wenn ein fettes Luft/Kraftstoffgemisch ein-

gesetzt wird.

[0022] Eine gerade durchgeführte  $\text{NO}_x$ -Regenerationsmaßnahme wird in Abhängigkeit von dem spätesten Zeitpunkt beendet, an dem ein für die Beendigung einer  $\text{NO}_x$ -Regenerationsmaßnahme charakteristischer Zustandsparameter-Wert an einem der  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatoren gemessen wird. Erfindungsgemäß wird bei der Beendigung der Regenerationsmaßnahme berücksichtigt, dass im Allgemeinen jeder der  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatoren 3 und 4 zu einem unterschiedlichen Zeitpunkt einen Betriebszustand erreicht, der eine Beendigung der Regenerationsmaßnahme erfordert. Solche Betriebszustände sind beispielsweise ein Reduktionsmitteldurchbruch an einem der  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatoren 3 und 4, ein Minimum in der  $\text{NO}_x$ -Konzentration nach dem Umschalten auf ein fettes Luft/Kraftstoffgemisch oder ein kurzzeitiger  $\text{NO}_x$ -Desorptionsspeak. Da die Beendigung der Regenerationsmaßnahme sich konstruktionsbedingt zwangsweise auf sämtliche  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatoren 3 und 4 auswirkt, ist durch die erfindungsgemäße Beendigung der Regenerationsmaßnahme gewährleistet, dass jeder der  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatoren 3 und 4 vollständig regeneriert wird.

[0023] Um eine Regenerationsmaßnahme erfindungsgemäß zu beenden, weist das Motorsteuergerät 5 eine Kontrolleinrichtung 6 auf, mit deren Hilfe die Signale der Sensoren 11, 12 ausgewertet werden. Die gegebenenfalls auch als separates Bauteil ausgeführte Kontrolleinrichtung 6 ermittelt hierfür den spätesten Zeitpunkt, zu dem ein für die Beendigung der Regenerationsmaßnahme charakteristischer Zustandsparameter-Wert an einem der  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatoren 3 und 4 auftritt.

[0024] Daraufhin wird von der Kontrolleinrichtung 6 der Motorsteuerung 5 ein Kontrollsignal zugeführt und von der Motorsteuerung 5 die  $\text{NO}_x$ -Regenerationsmaßnahme über die Aktivierung entsprechender Stellglieder am Verbrennungsmotor 1 beendet. Die  $\text{NO}_x$ -Kontrolleinrichtung 6 kann beispielsweise durch einen Mikrocontroller mit einer CPU, einem Programmspeicher, einem Datenspeicher und Eingabe- und Ausgabeschnittstellen realisiert sein. Zur Ermittlung des spätesten Zeitpunkts für die Beendigung der Regenerationsmaßnahme werden von der Kontrolleinrichtung 6 an sich bekannte Sortieralgorithmen eingesetzt.

[0025] Da an einem bereits regenerierten  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysator Reduktionsmitteldurchbrüche mit einer gewissen Menge nicht verbrauchter Kohlenwasserstoff- und Kohlenmonoxydbestandteile auftreten, ist für die wirksame Abgasreinigung der Katalysator 9 im Abgasstrang 2 stromabwärts der Zusammenführung 8 angeordnet. Bei einem teilgeschädigten  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysator 3, 4 tritt im Allgemeinen wegen einer geringeren  $\text{NO}_x$ -Speicherfähigkeit ein geringerer Reduktionsmittelbedarf während einer Regenerationsmaßnahme auf. Die Sauerstoff-Speicherkapazität des nachgeschalteten Katalysators 9 ist daher so ausreichend zu bemessen,

dass auch bei teilgeschädigten  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatoren 3, 4 die entsprechend höheren Mengen an Reduktionsmitteln katalytisch umgesetzt werden können. Damit wird eine zusätzliche Belastung der Umwelt mit Kohlenwasserstoffen und Kohlenmonoxyd vermieden. Vorzugsweise ist der Katalysator 9 so ausgelegt, dass zirka 30 % des gesamten durch den Abgasstrang 2 den  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatoren 3 und 4 zugeführten Reduktionsmittels abgebaut werden können. Dies entspricht einer Auslegung des Katalysators 9, bei der pro Gramm speicherbares  $\text{NO}_2$  vor Einleitung des  $\text{NO}_x$ -Regenerationsmodus für die  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatoren 3, 4 zirka 0,1 Gramm  $\text{O}_2$ -Speicherfähigkeit vorgehalten wird.

[0026] Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist ein Sensor 13, vorzugsweise eine Lambda-Sonde, stromabwärts des Katalysators 9 zur Überwachung der Funktionsfähigkeit vorgesehen. Das Signal des Sensors 13 wird der Kontrolleinrichtung 6 oder dem Motorsteuergerät 5 zugeführt.

[0027] Bei Auftreten von Reduktionsmitteldurchbrüchen an dem Katalysator 9 vor Beendigung einer  $\text{NO}_x$ -Regenerationsmaßnahme an den  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatoren 3 und 4, wird die  $\text{NO}_x$ -Regeneration auch bei nicht vollständig regenerierten  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatoren 3, 4 beendet, um eine hohe Qualität der Abgasreinigung zu gewährleisten.

[0028] Figur 2 zeigt eine alternative Ausführung der Erfindung, bei der keine Zusammenführung des Abgasstrangs 2 stromabwärts der  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatoren 3, 4 vorgesehen ist. Dies ist beispielsweise erforderlich, wenn auch der nachgeschaltete Katalysator aus Packungsgründen geteilt werden muss. Dementsprechend ist an dem  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysator 3 ein Abgasstrang-zweig 2 mit einem nachgeschalteten Katalysator 9 und an den  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysator 4 ein Abgasstrang-zweig 2a mit einem weiteren Katalysator 9a angeschlossen. Die Auslegung der vorzugsweise als 3-Wege-Katalysatoren realisierten Katalysatoren 9, 9a ist wieder so zu bemessen, dass eine sichere Umsetzung von durchgebrochenem Reduktionsmittel möglich ist. Eine Überwachung der Katalysatoren 9, 9a kann durch nachgeschaltete Sensoren 13, 13a erfolgen. Vorzugsweise sind hierfür Lambda-Sonden vorgesehen. Das Signal der Sensoren 13, 13a wird der Kontrolleinrichtung 6 oder der Motorsteuerung 5 zugeführt und veranlasst eine Beendigung einer  $\text{NO}_x$ -Regenerationsmaßnahme, falls ein Reduktionsmitteldurchbruch vorgegebener Höhe detektiert wird.

[0029] Insgesamt ermöglicht die erfindungsgemäße Beendigung einer  $\text{NO}_x$ -Regenerationsmaßnahme eine sichere und effiziente Abgasreinigung bei einem Verbrennungsmotor mit mindestens zwei parallel nach einer Abzweigung im Abgasstrang angeordneten regenerierbaren  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatoren.

# Patentansprüche

1. Verfahren zur Abgasreinigung bei einem Verbrennungsmotor mit mindestens zwei parallel stromabwärts einer Abzweigung eines Abgasstranges angeordneten durch ein im Abgas enthaltenes Reduktionsmittel regenerierbaren NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysatoren, denen zur individuellen Messung von Zustandsparametern jeweils stromabwärts ein Sensor, beispielsweise ein NO<sub>x</sub>-Sensor und/oder eine Lambdasonde, zugeordnet ist und wobei das Abgas zumindest einem stromabwärts der NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysatoren im Abgasstrang angeordneten Oxydationskatalysator, vorzugsweise einem 3-Wege-Katalysator zugeführt wird und in Abhängigkeit von den Zustandsparameter-Werten der NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysatoren NO<sub>x</sub>-Regenerationsmaßnahmen durchgeführt werden, **dadurch gekennzeichnet, dass eine gerade durchgeführte NO<sub>x</sub>-Regenerationsmaßnahme in Abhängigkeit von einem der NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysatoren beendet wird, für den zu einem späteren, insbesondere letzten Zeitpunkt ein für die Beendigung der NO<sub>x</sub>-Regenerationsmaßnahme charakteristischer Zustandsparameter-Wert gemessen wird.**
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass als charakteristischer Zustandsparameter-Wert für die Beendigung einer NO<sub>x</sub>-Regenerationsmaßnahme ein vorgegebener Lambda-wert des Abgases stromabwärts eines NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators gewählt wird.**
3. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass die Sauerstoffspeicherkapazität des stromabwärts der NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysatoren im Abgasstrang angeordneten Oxydationskatalysators ausreichend hoch bemessen ist, um die bei einem teilgeschädigten NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysator durchbrechende Menge an Reduktionsmittel zu mindestens 50 %, insbesondere mindestens 90 %, abzubauen.**
4. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass die Sauerstoffspeicherkapazität des stromabwärts der NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysatoren im Abgasstrang angeordneten Oxydationskatalysators ausreichend hoch bemessen ist, um mindestens 20 %, vorzugsweise mindestens 30 % des die NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysatoren während einer NO<sub>x</sub>-Regeneration anströmenden Reduktionsmittels abzubauen.**
5. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass in dem/den stromabwärts der NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysatoren im Abgasstrang angeordneten Oxydationskatalysator(en) pro Gramm in den NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysatoren speicherbares NO<sub>x</sub> mindestens 0,07 g, insbesondere 0,1 g Sauerstoff vorgehalten wird.**
6. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass der Betriebszustand des stromabwärts der NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysatoren im Abgasstrang angeordneten Oxydationskatalysators mittels eines stromabwärts angeordneten Sensors, beispielsweise einer Lambda-Sonde bestimmt wird.**
7. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass der stromabwärts der NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysatoren im Abgasstrang angeordneten Oxydationskatalysator auf das Auftreten eines Reduktionsmitteldurchbruchs hin überwacht wird und bei Auftreten eines Reduktionsmitteldurchbruchs vorgegebener Höhe eine gerade durchgeführte NO<sub>x</sub>-Regenerationsmaßnahme beendet wird.**
8. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass die NO<sub>x</sub>-Regenerationsmaßnahme in Abhängigkeit von der NO<sub>x</sub>-Beladung der NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysatoren eingeleitet wird.**
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass die NO<sub>x</sub>-Regenerationsmaßnahme in Abhängigkeit von dem ersten Zeitpunkt eingeleitet wird, zu dem an einem der NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysatoren ein NO<sub>x</sub>-Durchbruch vorgegebener Höhe auftritt.**
10. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass stromaufwärts der NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysatoren das Abgas zumindest einem Vorkatalysator zugeführt wird.**
11. Vorrichtung zur Abgasreinigung für einen Verbrennungsmotor mit mindestens zwei parallel stromabwärts einer Abzweigung (7) im Abgasstrang angeordneten durch im Abgas enthaltenes Reduktionsmittel regenerierbaren NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysatoren und zumindest einem stromabwärts der NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysatoren angeordneten Oxydationskatalysator, vorzugsweise einem 3-Wege-Katalysator, wobei stromabwärts der NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysatoren Sensoren zur individuellen Erfassung von Zustandsparameter-Werten der NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysatoren vorgesehen sind, die einem Motorsteuergerät zur Auswertung und Beeinflussung von Betriebsparametern des Verbrennungsmotor zuführbar sind, **dadurch gekennzeichnet, dass das Motorsteuergerät eine Kontrolleinrichtung aufweist, um in Abhängigkeit von einem späteren, insbesondere dem letzten Zeitpunkt, an dem ein für eine Beendigung einer NO<sub>x</sub>-Regenerationsmaßnahme**

charakteristischer Zustandsparameter-Wert an einem der NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysatoren gemessen wird, eine gerade durchgeführte NO<sub>x</sub>-Regenerationsmaßnahme zu beenden.

5

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Abgasstrangszweige stromabwärts der NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysatoren und stromaufwärts des nachgeschalteten Oxydationskatalysators an einer Zusammenführungsstelle wieder zusammengeführt werden. 10
13. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Abgasstrangszweige stromabwärts der NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysatoren geteilt bleiben und in jedem Abgasstrangzweig jeweils mindestens ein nachgeschalteter Oxydationskatalysator, vorzugsweise 3-Wege-Katalysator, angeordnet ist. 15
14. Vorrichtung nach zumindest einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass stromabwärts jedes dem NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysator nachgeschalteten Oxydationskatalysators Sensormittel zur Überwachung des Betriebszustandes dieses betreffenden Oxydationskatalysators angeordnet sind. 20 25

30

35

40

45

50

55

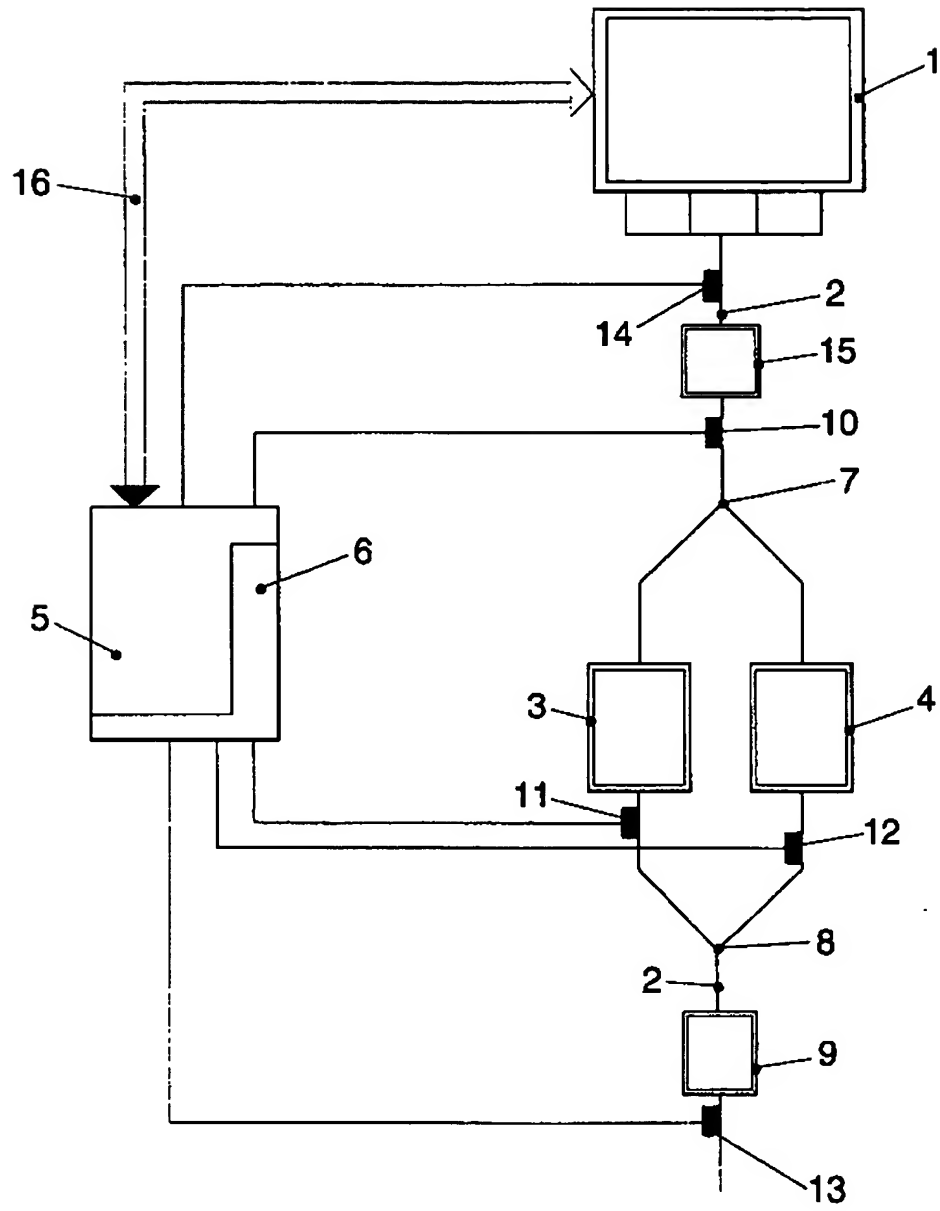


FIG. 1

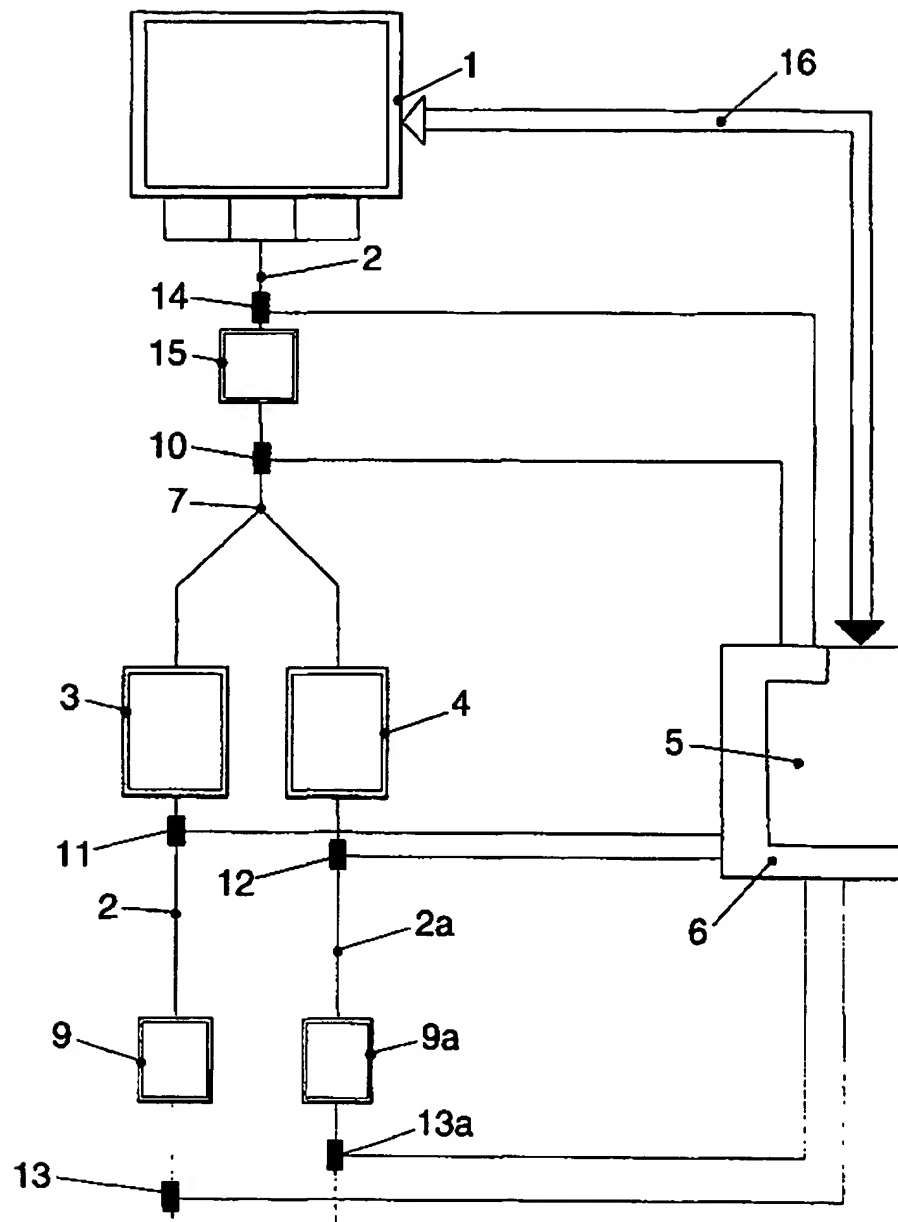


FIG. 2